

Leitdetails und technische Fakten zum 7-geschossigen Holzbau mit brennbaren Baustoffen in wirtschaftli- cher Null-Heizenergiebauweise

Les détails qui comptent et les données techniques relatives au bâtiment R+6 réalisé avec des matériaux combustibles et en avec l'objectif de se passer de chauffage

Andreas Naumann
Lokal.PlanGmb& Co. KG
[DE](#)-Leipzig



Leitdetails und technische Fakten zum 7-geschossigen Holzbau mit brennbaren Baustoffen in wirtschaftlicher Null-Heizenergiebauweise



1. Warum Null-Heizenergie?

Derzeit werden in Deutschland wie in Europa rund 40 % des Primärenergieverbrauchs durch das Beheizen von Gebäuden verursacht. Als Energielieferanten kommen dabei noch überwiegend fossile Brennstoffe zum Einsatz. Deren Verfügbarkeit ist endlich, und ihre Verbrennung verursacht unerwünschte Treibhausgasemissionen. Darüber hinaus steigen die Preise für fossile Brennstoffe tendenziell immer stärker an. Es ist daher aus klimapolitischer wie auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll, den Heizbedarf von Gebäuden drastisch zu reduzieren. Dank unseres innovativen Bausystems ist es möglich, den Heizenergiebedarf von Gebäuden auf unter 5 kWh/m²a zu senken. Der verbleibende Energiebedarf kann durch solare Wärmegewinne und elektrische Notheizungen ökologisch und ökonomisch sinnvoll gedeckt werden. Dadurch kann auf eine konventionelle Heizung verzichtet werden, wodurch Installations-, Wartungs- sowie Brennstoffkosten eingespart werden. Als Ziel streben wir mehrgeschossige Gebäude mit folgenden Kennwerten an:

- Heizenergiebedarf <5 kWh/m²a
- Bedarf bei Haushalts- und Hilfsstrom < 1000 kWh/a und Person incl. Wärmebedarf und Warmwasserbedarf
- Solarer Deckungsgrad bei Warmwasser >75 %
- Lüftung mit Wärmerückgewinnung > 90 %
- nachhaltige Baustoffe mit sehr guter ökologischer Bewertung, keine Schadstoffbelastung und niedrigem Primärenergiegehalt
- Nutzung von Grauwasser
- Nutzung von Kleinwindkraftanlagen nach Möglichkeit
- Integration nachhaltiger Mobilitätskonzepte in den Wohnungsbau
- Bester Wärme-, Schall- und Brandschutz

2. Warum in Holz bauen?

Häuser können als Massivbau, Mischbau oder in Holzbauweise errichtet werden. Der Holzbau bietet hier verschiedene Vorteile.

2.1. Geringes Gewicht möglich

Durch die Verwendung von Holz als Baustoff und Zellulose als Dämmstoff ist es uns möglich, das Gewicht von Gebäuden drastisch zu reduzieren. So beträgt die Masse eines nach unserem Bausystem errichteten, siebengeschossigen Gebäudes mit einer Grundfläche von 15x18m lediglich 400 Tonnen¹. Zum Vergleich: Die Masse eines vergleichbaren Gebäudes in Massivbauweise beträgt 2000 Tonnen. Bei der vom Büro Kaden & Klingbeil (K&K) für einen in Berlin gebauter 7-Geschosser in Holzskelettbauweise mit Brettstapeldecken und -wänden werden etwa 1500 Tonnen erreicht bei der von Schankula Architekten / Diplomingenieure für einen achtgeschossigen Brettstapelbau in Bad Aibling Bauweise kommt man auf eine Masse von 800 Tonnen auf. Durch die Reduktion der Baustoffmassen werden Ressourcen geschont und der Transportaufwand reduziert. Das Gewicht der Konstruktion des Holzbausystems und damit die Last auf die Gründung beträgt nur ca. ein Fünftel gegenüber dem Gewicht und der Last des Massivbaus. Damit gibt es weniger Probleme und Aufwendungen im Gründungsbereich und in den Wandscheiben, bezüglich Holzpressungen. Aufgrund der höheren Elastizität des Holzbaus ergeben sich weiterhin Vorteile bei der Verteilung von Windlasten und Belastung durch ein Erdbeben. Der mögliche Verzicht auf Stahl für die Ausbildung von Knotenpunkten, für Verbindungen und Aussteifungen von Bauteilen führt somit zu ökonomischen und bauphysikalisch sauberen Lösungen im Holzbau. Ursächlich für das geringe Gewicht der Baukonstruktion ist vor allem die von uns entwickelte und bereits brandschutztechnisch geprüfte Holzbalkendecke des Bausystems. Bedingt durch den Verzicht auf Beton und Vollholz sind sie wesentlich leichter als eine vergleichbare Holzbetonverbund-Decke, erfüllt aber trotzdem die Anforderungen des Brandschutzes und des Schallschutzes und hat hervorragende Schwingungseigenschaften (siehe unten).

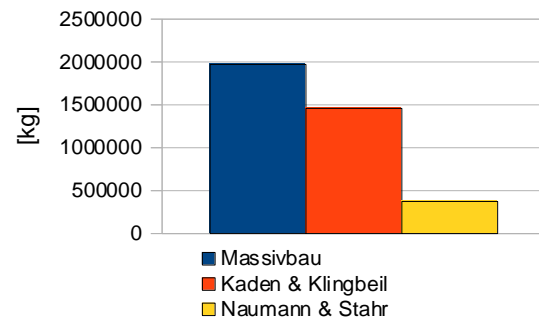


Abbildung 1: Vergleich unterschiedlicher Bausysteme

in Bezug auf die Baustoffmasse. Verglichen wurden fiktive Gesellschaftsbauten mit gleichen Dimensionen und Eigenschaften: Ein Siebengeschosser ausgeführt in Massivbauweise (Massivbau), in Holzskelettbauweise (nach Kaden & Klingbeil) und im Bausystem Naumann & Stahr (Naumann & Stahr)

¹ Bei den verglichenen Gebäuden handelte es sich um fiktive siebengeschossige Gesellschaftsbauten mit einer Grundfläche von 15 x 18m, einmal ausgeführt nach klassischer Massivbauweise unter Verwendung von Stahlbeton, Kalksandsteinmauerwerk (24cm) und Steinwollendämmung (34cm), sowie einmal ausgeführt nach dem System Naumann & Stahr in Holzständerbauweise mit Zellulosedämmung. Beim Gebäude von Kaden & Klingbeil handelt es sich um ein siebengeschossiges Mehrfamilienhaus im Berliner Bötzwiviertel, ausgeführt in Holzskelettbauweise, statisch verstärkt durch Stahl und Stahlbeton mit einem Erdgeschoss aus Stahlbeton. Die Gebäude sind statisch und im Bezug auf Brandschutz und Bauphysik annähernd vergleichbar. Zur Vereinfachung der Rechnung wurden lediglich die Bauteile Bodenplatte, Geschosdecke, Dach, Aussenwände, Unterzüge, Stützen und tragende Innenwände berücksichtigt. Die Komponenten Treppenhaus/ Fahrstuhlschacht und Fenster werden als identisch angenommen und nicht mit berechnet.

2.2. Gute Ökobilanz²

Aufgrund der hohen Prozesstemperaturen bei der Herstellung von Beton, Stahl oder Mineralwolle (100 – 1500 °C) werden sehr grosse Mengen Energie in der Herstellung benötigt und enorme Mengen CO₂ emittiert. Durch die Verwendung von Holz als Baustoff werden diese Emissionen vermieden. Darüber hinaus bindet ein Baum während des Wachstums CO₂, sodass ein aus Holz errichtetes Gebäude als innerstädtische CO₂-Senke angesehen werden kann. Durch das geringe Gewicht werden darüber hinaus Emissionen im Transportbereich vermieden.

Unser Holzbausystem bindet ca. 230t CO₂, gefolgt vom K&K in Berlin verwendeter Bauweise mit knapp 160t CO₂-Bindung. Dem gegenüber setzt der Massivbau ca. 330t CO₂ frei. Mit anderen Worten ausgedrückt, wird bei der Massivbauweise anderthalb mal soviel CO₂ freigesetzt, wie das Gebäude mit dem Holzbausystem CO₂ bindet. Den grössten Anteil an der CO₂ - Bilanz haben dabei die Geschossdecken und die Aussenwände. Auch Bodenplatte und tragende Innenwände nehmen spürbaren Einfluss auf die Bilanz. Die gesamte Bauweise des Holzbausystems wirkt sich jedoch nicht nur auf die CO₂ -Bilanz positiv aus.

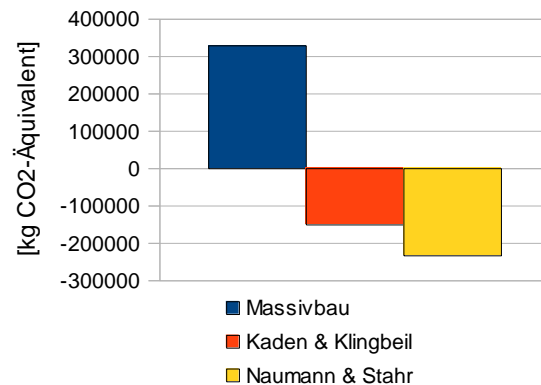


Abbildung 2: Vergleich Treibhausgaspotential.

2.3. Holz und Raumklima

Die ökologische Bewertung der Baustoffe und der daraus resultierende Materialeinsatz hat positive Wirkung auf den Einsatz der Lüftungstechnik. Bei schadstofffreier Bauweise besteht die Möglichkeit das Lüftungsvolumen auf den durch Feuchte- und CO₂ Emissionen der Bewohner benötigten Wert zu reduzieren und die erforderliche Lüftungstechnik wesentlich geringer zu dimensionieren (vgl. FGK Statusreport 22, S. 4). Dies führt zu geringeren Investitionskosten und einem geringeren Energieverbrauch bei der Lüftung. Ausserdem werden bei geringerem Luftwechsel behaglichere Luftfeuchtwerte von 38 – 43 % erreicht. Die DIN 1946 fordert derzeit ein Lüftungsvolumen von 30-43m³/h*Pers, ohne Nachweis auf unbelastete und schadstofffreie Konstruktionen, was entsprechend höhere Installations- und Betriebskosten sowie eine geringere Luftfeuchtigkeit provoziert. Der mit unserem Wandbausystem in Passivhausbauweise gebaute Kindergarten in Oelsnitz / Erzgebirge wurde bezüglich der chemischen und biologischen Raumluftbelastungen durch die Landesuntersuchungsanstalt Chemnitz über den Zeitraum von einem Jahr untersucht. „Die objektiven Messergebnisse stimmten mit der subjektiv wahrgenommenen Raumluftqualität sehr gut überein. Die Raumluftqualität wurde durchweg als behaglich beurteilt“ (LUA-Mitteilungen 03/2010, S.37). Im weiteren Verlauf der Untersuchung wurde auch nach keimungsfähigen Schimmelpilzsporen in der Raumluft gesucht mit dem Ergebnis, dass „an allen Messtagen eine deutliche Reduzierung der Gesamtpilzsporenkonzentrationen der Innenraumluft gegenüber den entsprechenden natürlichen Schimmelpilzbelastungen der Außenluft stattgefunden hat“, was sehr wahrscheinlich auf den ordnungsgemäßen Betrieb der Lüftungsanlage und der darin verbauten Filter (F7) zurückzuführen ist (LUA-Mitteilungen 02/2011, 24f.). Zusammengefasst bedeutet dies, dass die mikrobiologische Raumluftqualität positiv zu bewerten ist.

² Für die Ökobilanz wurden dieselben Gebäudevarianten verglichen wie bei der Massenberechnung. Betrachtet wurden allerdings nur die Emissionen bei der Herstellung der Baustoffe und der Errichtung der Gebäude. Eine komplette Lebenszyklusanalyse wurde nicht durchgeführt. Als Datengrundlage für die Treibhausgasemissionen diente die Ökobau.dat 1.1.02

2.4. Holz und Brandschutz? – ja sicher!

Holz brennt, aber Holz brennt sicher und kontrolliert, und behält über lange Zeit seine statischen Eigenschaften bei. Die Aussenwand und Holzbalkendecke unseres Bausystems (siehe unten) sind die ersten Elemente, die mit Zellulose (B-Baustoff) gedämmt, in Brandabschnitten bis F90B eingesetzt werden können. Im Rahmen der Prüfungen durch die MfPA Leipzig zu F90B wurde für die Decken Zellulose als Dämmung verlangt. Steinfaser, ein A1-Baustoff, ist lt. Aussage der MfPA Leipzig nicht mehr notwendig. In den Steinfasermatten können Spalten und Hohlräume im Brandfall entstehen, wodurch eine Ausbreitung bzw. einen Überschlag des Brandes auf weitere Geschosse begünstigt wird. Die Zellulosedämmung verhindert durch die vollständige Ausfüllung der Hohlräume genau dieses. Während der Brandschutzprüfung der mit Zellulose gedämmten Holzbalkendecke, war keine signifikante Hitzedurchdringung zu verzeichnen. Alle geprüften Bauteile schafften bei den Prüfungen sehr lange Standzeiten (Standzeit Wand: 127 Minuten; Decke: 100 Minuten). Massgeblich die Rauchdichtheit hat die beim Versuch anwesenden Vertreter der Brandschutzämter sehr beeindruckt. Die Decke blieb ohne Temperatur- und Rauchbelastung begehbar.

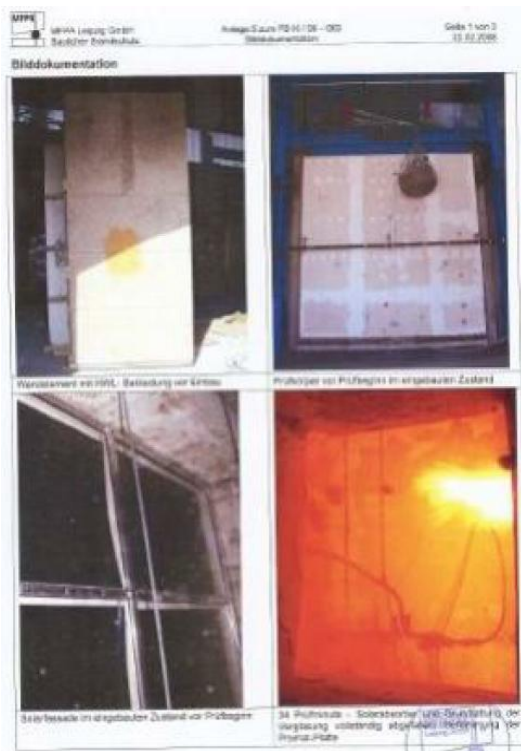


Abbildung 3: Brandversuche Brandwand

Schlussfolgernd ergibt sich daraus, dass mit diesen entkoppelten Holzbalkendecken längere Rettungszeiten möglich sind und sich die Sicherheit für die Feuerwehrleute bei Rettungsarbeiten erhöht. Die erhöhte Rauchdichtheit und das Verhindern des Eindringens von Löschwasser sind, aus Sicht der Feuerwehr, weitere positive Aspekte.

Die Wand- und Deckenkonstruktionen sind für Gebäude, bei denen längere Rettungszeiten wichtig sind, wie Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime, Hotels usw., besser geeignet als bisherige traditionelle Konstruktionen, was von den Brandschutzämtern bestätigt wurde. Der Holzbau bietet damit als einziges Bausystem die Möglichkeit, geringes Gewicht, geringen Primärenergieinhalt und innerstädtische CO₂-Senken bei gleichzeitig hohen Ansprüchen an Schall-, Brand- und Wärmeschutz zu verbinden. Diese Möglichkeiten werden mit unserem Bausystem konsequent in der Praxis umgesetzt.

3. Innovatives Bausystem

Unser Bausystem umfasst innovative Aussen- und Innenwände, Decken, Dächer, Bodenplatten, Kastenfenster, Brandwände und Solarfassaden. Alle Elemente sind aus Holz gefertigt.

tigt. Alle Komponenten weisen sehr gute Werte bezüglich des Schall-, Wärme- und Brandschutzes auf. In Kombination mit innovativer Haustechnik können wir Häuser planen und realisieren, welche aufgrund ihres geringen Heizwärmebedarfs ohne klassische Heizsysteme auskommen und gleichzeitig ein geringes Gewicht sowie eine sehr gute Ökobilanz aufweisen. Das oben Genannte ist das Ergebnis jahrelanger Entwicklungsarbeit. Die guten Werte, die wir in den Bereichen Schall-, Brand- und Wärmeschutz sowie bezüglich des Gewichtes erreichen, sind unter anderem auf folgende Innovationen zurück zu führen.

3.1. Bodenplatte in Holzkonstruktion

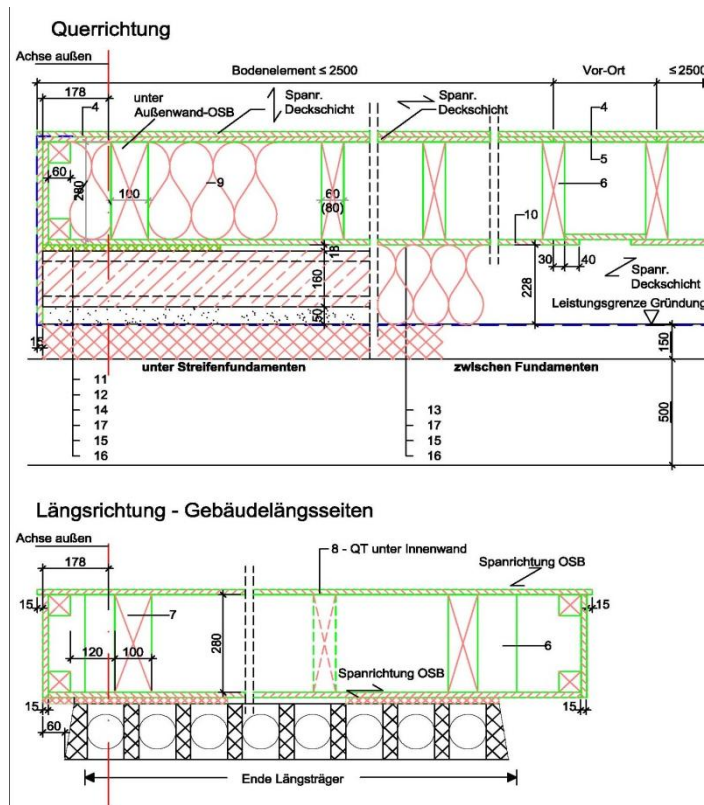


Abbildung 4: Konstruktionszeichnung Bodenplatte

Nach unserem Wissen verwenden wir die bislang einzige Konstruktion einer Bodenplatte aus Holz mit Streifenfundament aus Spannbeton unter tragenden Wänden. Hierdurch wird der Betonbedarf reduziert auf ca. ein Zehntel gegenüber einer klassischen Betonbodenplatte. Energieintensives Styropor ist nicht notwendig. Die neue Bodenplatte besteht überwiegend aus Holz mit Zelloosedämmung und liegt auf einem Untergrund aus Betonrandung. Sie ist belastbar bis 7 Geschosse. Diese Bodenplatte ist luftdicht und im Gegensatz zu anderen Holzbodenplatten kann die Fußbodenoberkante bündig zur Geländeoberkante eingebaut werden. Die Konstruktion weist einen hervorragenden Schall- und Wärmeschutz auf. Dank des geringen Gewichtes sowohl der Bodenplatte als auch des darauf errichteten Holzbaus können Wärmebrücken einfach reduziert werden. Das geringe Gewicht bedingt ausserdem einen geringen Transportaufwand. Die Ökobilanz ist derzeit die beste bei Bodenplatten. Sie ist gekennzeichnet durch einen äusserst niedrigen Primärenergiebedarf, Schadstofffreiheit und eine hohe CO₂-Speicherkapazität.

3.2. Entkoppelte Decke

Unsere Decke ist eine Eigenentwicklung mit Holzbalken als Ober- und Unterdecke (entkoppelte Decke). Diese Decke besitzt einen Rahmen als Besonderheit gegenüber normalen Holzbalkendecken. An diesen Rahmen werden Balkenschuhe befestigt, in denen weich eingelegt die Unterdeckenbalken vollkommen schallentkoppelt verlegt sind. Die Decke ist mit zwei OSB-Platten in verschiedene Richtungen oberhalb der Balken verschraubt und erreicht sehr gute Schwingungswerte für den Wohnungs- und Gesellschaftsbau (200 bzw. 300 kg/m² Verkehrslast). Die Konstruktion erreicht sehr gute Schallschutzwerte, mit 71

dB beim Luftschall und 43 dB beim Trittschall. Darüber hinaus hat unsere Konstruktion den Vorteil, dass keine Nassprozesse in der Fertigung notwendig sind und dass ein insgesamt hoher Vorfertigungsgrad erreicht werden kann.

Die Decke ist brandschutztechnisch geprüft (K60/F90) und war unter Brandeinwirkung 100 Minuten rauchdicht, löschwasserfest und statisch stabil. Dies ist aufgrund der Luftdichtheit der Konstruktion möglich, durch die ein rauchdichter und schalldichter Körper entsteht, der komplett löschwasserfest ist, weshalb Löschwasser bei entsprechenden Versuchen keinen Schaden anrichtete. Die Decke blieb eine Stunde lang ohne nennenswerte Temperaturerhöhung oberhalb begehbar und behielt ihre statischen Eigenschaften, obwohl sie mit 480 kg während des Brandversuchs geprüft wurde (Verkehrslast 300 kg). Die zum Brandversuch eingeladenen Feuerwehrleute waren von diesen Deckeneigenschaften deutlich beeindruckt. Der Kapseffekt der Unterdecke liegt bei 78 Minuten, mit Akustikplatten bei 90 Minuten. Im Bezug auf den Schallschutz sind die Decken, bei entkoppelter Bauweise, schweren Betondecken ebenbürtig oder besser. Gleichzeitig werden die erforderlichen Schwingungswerte eingehalten.

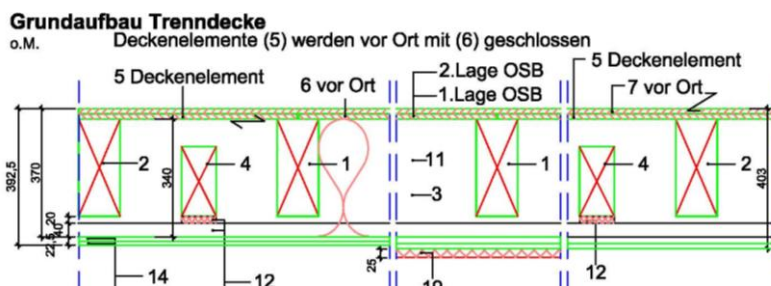


Abbildung 5: Konstruktionszeichnung entkoppelte Holzbalkendecke

3.3. Aussenwand/Brandwand/Solarfassade

Unsere **Wandkonstruktion** ist eine Kombination aus Holzständer-, Holztafel und Fachwerk-Komponenten und vereint deren jeweilige Vorteile. Die Konstruktion ist statisch aktiv als tragende Konstruktion bis 7 Geschosse. Ausgeblasen mit Zellulosedämmung erreicht sie einen U-Wert $< 0,1 \text{ W/Km}^2$. Ein luftdichter und wärmebrückenfreier Einbau ist bei allen wärmebrückenrelevanten Bauteilen gesichert (Luftdichtheitswerte bis $n_{50}=0,13 \text{ h}^{-1}$ wurden bereits erreicht). Die ökologische Bewertung ist weitestgehend durchgeführt und sehr gut, der Schallschutz beträgt 58 dB und der Brandschutz F90B.

Die „**Brandwand**“ ist eine Erweiterung der Wandkonstruktion mit zusätzlicher Verkapselung. Die Wandkonstruktion besteht ebenfalls aus Holz mit Zellulosedämmung, die Verkapselung erfolgte früher mit Promat-Platten. Heute wird, wie bei der geprüften Decke, eine Verplankung mit Gipsfaserplatten 18mm Dicke, Glasfasergewebe 1,5mm Dicke, Gipsfaserplatte 15mm Dicke eingesetzt. Die „Brandwand“ weist einen Brandschutzwert von F120B auf und erreicht alle Schutzziele einer Brandwand aus nicht brennbaren Baustoffen. Beim Kapseffekt wurde mit Promatplatten K60 knapp erreicht. Durch die neue Verkapselung mit Gipsfaserplatten schätzen wir, dass ein Kapseffekt von 90 Minuten erreicht wird. Die Konstruktion ist äusserst luft- und rauchdicht, wodurch eine Rettungszeit von 120 Minuten und damit ein hervorragender Brandschutz erreicht wird.

Durch den angestrebte Kapseffekt von > 90 Minuten werden die gesetzlichen Vorgaben weit übererfüllt. Dadurch soll der breite Einsatz von Zellulosedämmstoffen der Brandklasse B1 bis Gebäudeklasse 5 ermöglicht werden. Der Einsatz von Gipsfaserplatten als Verkapselungsschicht ermöglicht hier voraussichtlich eine Kostenreduktion um 50% im Vergleich zu sonst üblichen Promatplatten bei gleichzeitig verbessertem Schallschutz.

Die **Solarfassade** ist aufgebaut wie die oben beschriebene Brandwand, erweitert um eine vollständig fassadenintegrierte Warmwassererzeugung. Das System ermöglicht solare Wärmegewinne auf bislang in der Regel ungenutzten Gebäudeoberflächen. Die Solarwand ist auch als „Brandwand“ einsetzbar und wurde als solche bereits bei der Gebäudesanierung im Gründerzeitbestand als Grenzwall eingesetzt. Der Brandschutz ist identisch mit den guten Werten der bereits beschriebenen

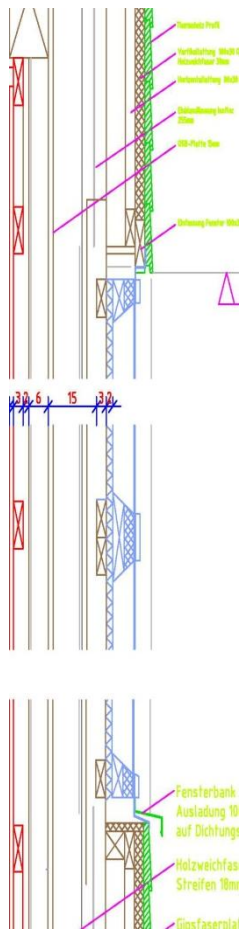


Abbildung 6: Konstruktionszeichnung Brandwand mit Solarfassade

en Brandwand. Bei den Brandversuchen wurde weder ein positiver noch ein negativer Einfluss auf die Brandwand durch die Integration der Solarfassade festgestellt. Derzeit werden in der Solarwand Temperaturen von $+4\text{ °C}$ hinter dem Absorber bei -10 °C Aussentemperatur erreicht. Der fassadenintegrierte Einbau ermöglicht einen sehr hohen Deckungsbeitrag bei gleichzeitig gutem Wirkungsgrad, sowie eine Reduktion der verwendeten Baumaterialien, da ein Verputzen der Wand entfällt. Durch die Verlagerung der Warmwassererzeugung in die Wand steht auf dem Dach mehr Platz für Photovoltaiklösungen zur Verfügung. Zukünftig sollen die Glasscheiben nach aussen luftdicht verklebt werden, wodurch die Fassade nach aussen luftdicht, nach innen aber diffusionsoffen bleibt, sodass etwaige Materialfeuchte entweichen kann. Dadurch wird ein Beschlagen der Scheiben verhindert, Wärmeverluste werden verringert und der Wirkungsgrad somit erhöht.



Abbildung 7: Solarfassade in der Altbauanierung

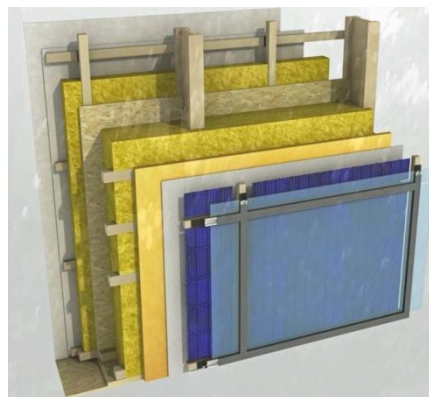


Abbildung 8: Explosionszeichnung Solarfassade

3.4. Moderne Kastenfenster als innovatives Bauteil

Unsere Kastenfenster weisen U-Werte von 0,56-0,58 W/Km² auf, zertifiziert vom Passivhausinstitut mit Einbausituation. Der Fensterrahmen aus Holz weist gegenüber Rahmen aus Kunststoff eine sehr gute Ökobilanz auf. Darüber hinaus entstehen bei Holzkonstruktionen verglichen mit Kunststoffkonstruktionen deutlich weniger Schadstoffe im Brandfall. Unsere Holzkastenfenster weisen derzeit den deutschlandweit besten Schall- und Wärmeschutz sowie einen hervorragenden Brandschutz auf. Der Brandüberschlag von einer Wohnung zur anderen wird mit 45 Minuten eingeschätzt und dauert damit doppelt so lange wie bei Standardfenstern. Der Schallschutz ist mit 51 dB bereits sehr gut, soll aber perspektivisch noch weiter verbessert werden.

Darüber hinaus wird eine weitere Verminderung der Wärmebrücken des Fensters und der Holzfensterflügel sowie eine völlige Überdämmung des Aussenrahmens angestrebt. Durch diese Massnahmen soll eine erneute Verbesserung der Wärmedämmung erreicht werden. Zusätzlich soll eine Neuausbildung der unteren Wetterschenkelsituation sowie der Fensterbankausbildung mit Einsatz einer Jalousie erprobt werden. Letztere ist zweifarbig ausgeführt, mit einer schwarzen und einer silbernen Seite. Je nach Stellung der Jalousie soll erreicht werden, dass die Fenster sowohl als Luftkollektor zum Heizen als auch zum Kühlen eingesetzt werden können. Der Einsatz dieses Fensters in der Altbausanierung soll eine Reduktion der notwendigen Dämmdicken im Aussenbereich und damit eine Schonung der Ressourcen bei gleichzeitigem Erreichen des Nullheizenergie-Standards ermöglichen. Durch spezielle Thermoholzleisten im Bereich der Fensterflügelrahmen wird eine zusätzliche Wärmebrückenreduzierung angestrebt. Gleichzeitig sollen die Leisten als Reflexionsflächen dienen mit dem Ziel, die Lichtausbeute für den Innenraum zu erhöhen.



Abbildung 10: Konstruktionszeichnung Kastenfenster